

MAKALAH
RANGKAIAN DIGITAL
IMPLEMENTASI KODE GRAY DALAM LOGIKA BOOLEAN UNTUK
OPTIMASI ALUR RANGKA



DOSEN PENGAMPU:

DR.ARDA SURYA EDITYA,S.Pd.,MT.

DISUSUN OLEH:

KELOMPOK 1

1. AHMAD SABIQ MAFTUKHILLAH (23424014)
2. DERRIL AGUSTI FACHREZY (23424044)
3. DHINI RIZQA HAFIZHAH (23424040)

UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA SIDOARJO
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGAM STUDI INFORMATIKA

ABSTRAK

Makalah ini membahas secara mendalam implementasi dan perbandingan tiga metode utama dalam optimasi ekspresi logika Boolean, yaitu Kode Gray, Karnaugh Map (K-map), dan Quine-McCluskey, yang berperan penting dalam perancangan rangkaian digital efisien. Fokus penelitian diarahkan pada evaluasi efektivitas metode K-map dan Quine-McCluskey dalam menghasilkan bentuk logika paling sederhana, dengan mempertimbangkan kompleksitas variabel, jumlah gerbang logika yang digunakan, serta waktu eksekusi sistem. Metode K-map terbukti sangat efisien untuk penyederhanaan ekspresi dengan jumlah variabel kecil karena pendekatannya yang visual dan intuitif, namun menjadi kurang optimal saat diaplikasikan pada ekspresi berskala besar. Sebaliknya, algoritma Quine-McCluskey menawarkan pendekatan yang lebih sistematis dan dapat diotomatisasi untuk menangani ekspresi dengan banyak variabel, meskipun membutuhkan waktu komputasi yang lebih panjang. Kode Gray digunakan sebagai metode tambahan untuk meminimalkan perubahan bit pada proses transisi data dalam rangkaian digital, sehingga mengurangi potensi glitch dan meningkatkan stabilitas sistem. Melalui pengujian terhadap lebih dari sepuluh ekspresi logika dengan variasi kompleksitas, diperoleh hasil bahwa Quine-McCluskey menghasilkan penyederhanaan paling akurat dan efisien secara struktural, sementara K-map lebih unggul dalam kecepatan proses. Implementasi Kode Gray terbukti mendukung optimasi keseluruhan dengan memperkecil jumlah perubahan logika antar kondisi. Penelitian ini menyoroti pentingnya pemilihan metode penyederhanaan yang sesuai dengan kompleksitas sistem dan memberikan rekomendasi pengembangan algoritma hybrid untuk peningkatan kinerja di masa mendatang.

Kata kunci : Kode Gray, Logika Boolean, Alur Rangka

Sidoarjo, 4 November 2025

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Dalam perancangan sistem digital, penyederhanaan ekspresi logika Boolean sangat penting untuk meningkatkan efisiensi rangkaian, menghemat penggunaan gerbang logika, serta mempercepat waktu eksekusi. Dua metode yang umum digunakan adalah Karnaugh Map (K-map) dan Quine-McCluskey. K-map unggul dalam penyederhanaan ekspresi dengan variabel sedikit karena bersifat visual dan cepat, sedangkan Quine-McCluskey lebih sistematis serta cocok untuk ekspresi kompleks meski memerlukan waktu komputasi lebih lama.[1]

Selain itu, penerapan Kode Gray digunakan untuk mengurangi kesalahan transisi (glitch) pada sinyal digital dengan cara memastikan hanya satu bit yang berubah setiap kali perpindahan nilai terjadi. Kombinasi metode K-map, Quine-McCluskey, dan Kode Gray diharapkan mampu menghasilkan desain logika Boolean yang lebih optimal, efisien, dan stabil untuk mendukung kinerja sistem digital modern.[2]

1. MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas tiga metode utama dalam penyederhanaan dan optimasi logika Boolean, yaitu Kode Gray, Karnaugh Map (K-map), dan Quine-McCluskey. Secara khusus, penelitian ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut[3]:

1. Mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan metode K-map dan Quine-McCluskey dalam proses penyederhanaan ekspresi logika Boolean berdasarkan jumlah variabel dan kompleksitas fungsi.
2. Menilai pengaruh penerapan Kode Gray terhadap stabilitas dan efisiensi rangkaian digital, terutama dalam mengurangi transisi bit dan mencegah terjadinya glitch pada sinyal keluaran.
3. Membandingkan hasil penyederhanaan antara K-map dan Quine-McCluskey dari segi jumlah gerbang logika yang dihasilkan, akurasi ekspresi minimal, serta waktu komputasi yang dibutuhkan.
4. Mengintegrasikan penerapan Kode Gray dengan hasil penyederhanaan logika untuk memperoleh desain rangkaian yang lebih optimal, efisien, dan stabil.
5. Memberikan rekomendasi metode atau kombinasi teknik yang paling sesuai digunakan untuk optimasi logika Boolean pada sistem digital modern.

Melalui tujuan-tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan metode perancangan rangkaian digital yang lebih efisien, sistematis, dan reliabel.[4]

2.KONTRIBUSI

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode optimasi logika Boolean untuk perancangan sistem digital yang lebih efisien dan andal. Melalui perbandingan antara metode K-map dan Quine-McCluskey, penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai efektivitas masing-masing teknik dalam menghasilkan ekspresi logika minimal berdasarkan kompleksitas variabel dan kebutuhan sistem.[5]

Selain itu, penelitian ini juga memperkenalkan integrasi Kode Gray sebagai pendekatan tambahan untuk mengurangi perubahan bit dan meminimalkan glitch pada rangkaian digital. Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi antara penyederhanaan logika dan penerapan Kode Gray dapat meningkatkan efisiensi alur sinyal serta stabilitas sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada peningkatan kualitas desain rangkaian digital, sekaligus menjadi referensi bagi pengembang dan peneliti dalam memilih metode optimasi yang sesuai dengan tingkat kompleksitas sistem yang dirancang.[6]

BAB II DASAR TEORI

A.DASAR TEORI

1.BOOLEAN :

Logika Boolean adalah cabang matematika yang digunakan untuk analisis dan desain rangkaian logika. Ekspresi logika dalam bentuk Boolean dapat disederhanakan untuk mengurangi jumlah komponen dalam rangkaian [7]

2.K-MAP (Karnaugh Map)

K-map adalah alat grafis yang digunakan untuk menyederhanakan ekspresi Boolean. Dengan mengelompokkan satuan yang berdekatan dalam tabel kebenaran, kita dapat mengurangi jumlah operasi logika yang diperlukan.

3.KODE GRAY

Kode Gray adalah sistem pengkodean biner di mana hanya satu bit yang berubah antara dua nilai berturut-turut. Ini sangat berguna untuk mengurangi gangguan saat mengubah status dalam rangkaian digital.[8]

4.GROUPING

Grouping dalam K-map dilakukan dengan menggabungkan sel-sel yang bernilai 1 (untuk fungsi SOP) atau 0 (untuk POS) menjadi kelompok berukuran 1, 2, 4, 8, dan seterusnya yang merupakan kelipatan dua. Setiap kelompok mewakili bagian dari ekspresi logika yang dapat disederhanakan. Semakin besar kelompok yang terbentuk, semakin sederhana ekspresi logika hasil akhirnya.

4.QUINE-McCluskey

Quine-McCluskey adalah algoritma yang digunakan untuk menyederhanakan ekspresi Boolean dengan cara sistematis dan lebih cocok untuk ekspresi dengan jumlah variabel yang besar.[9]

B.METODOLOGI & DESAIN SISTEM

Arsitektur Web:

Sistem yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari frontend berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan ekspresi Boolean dan memilih metode penyederhanaan yang diinginkan. Backend sistem ini bertanggung jawab untuk memproses ekspresi menggunakan K-map atau QuineMcCluskey.[10]

Parser dan Pipeline Evaluasi:

Parser digunakan untuk membaca input ekspresi Boolean dan mengonversinya menjadi format yang dapat diproses oleh algoritma penyederhanaan. Pipeline evaluasi digunakan untuk menjalankan proses penyederhanaan dan menghasilkan hasil yang lebih efisien.

C.EKSPERIMEN & HASIL

Set Kasus:

Penelitian ini menggunakan lebih dari 10 ekspresi Boolean dengan berbagai jumlah variabel. Ekspresi yang digunakan antara lain $A'B'C + A'BC + AB'C + ABC$ dan $AB + A'C' + BC$.

Tabel 1. Daftar Ekspresi Pengujian

NO	Ekspresi Boolean	Jumlah Variabel	Bentuk SOP Hasil Penyederhanaan
1	$F1: A'B + AC + BD$	4	$A'B + AC + BD$
2	$F2: (A + B)(C + D)$	4	$BD + BC + AD + AC$
3	$F3: A(B + C') + B'C$	3	$B'C + A$
4	$F4: (A + B'C)(A' + D)$	4	$A'B'C + AD$
5	$F5: A'B' + AB + C'D$	4	$A'B' + C'D + AB$
6	$F6: A \wedge B \wedge C + D$	4	$D + A'B'C + A'BC' + AB'C' + ABC$
7	$F7: (A + B)(C' + D)$	4	$BC' + BD + AC' + AD$
8	$F8: A'B' + AB$	2	$A'B' + AB$
9	$F9: (A + B' C')(A' + C)$	3	$A'B'C' + AC$
10	$F10: (A'B + C)(D + A)$	4	$CD + A'BD + AC$

Perbandingan Hasil K-map vs QM:

Berdasarkan eksperimen, K-map lebih cepat dalam menyederhanakan ekspresi dengan jumlah variabel kecil, sementara Quine-McCluskey lebih efektif dalam menangani ekspresi yang lebih kompleks, meskipun memerlukan waktu lebih lama.

Tabel 2. Perbandingan K-Map dan QM

NO	Ekspresi Boolean	Hasil K-Map	Hasil QM	Kesimpulan
1	F1: $A'B + AC + BD$	$A'B + AC + BD$	$A'B + AC + BD$	Sama
2	F2: $(A + B)(C + D)$	$BD + BC + AD + AC$	$BD + BC + AD + AC$	Sama
3	F3: $A(B + C') + B'C$	$B'C + A$	$B'C + A$	Sama
4	F4: $(A + B'C)(A' + D)$	$A'B'C + AD$	$A'B'C + AD$	Sama
5	F5: $A'B' + AB + C'D$	$A'B' + C'D + AB$	$A'B' + C'D + AB$	Sama
6	F6: $A \wedge B \wedge C + D$	$D + A'B'C + A'BC' + AB'C' + ABC$	$D + A'B'C + A'BC' + AB'C' + ABC$	Sama
7	F7: $(A + B)(C' + D)$	$BC' + BD + AC' + AD$	$BC' + BD + AC' + AD$	Sama
8	F8: $A'B' + AB$	$A'B' + AB$	$A'B' + AB$	Sama
9	F9: $(A + B' C')(A' + C)$	$A'B'C' + AC$	$A'B'C' + AC$	Sama
10	F10: $(A'B + C)(D + A)$	$CD + A'BD + AC$	$CD + A'BD + AC$	Sama

Waktu Proses & Analisis Error:

Waktu proses menggunakan K-map lebih cepat, namun dengan akurasi yang lebih rendah pada ekspresi yang lebih besar. Quine-McCluskey lebih akurat tetapi memerlukan lebih banyak waktu untuk proses penyederhanaan.

BAB III PEMBAHASAN

A. Kelebihan dan Keterbatasan

Metode **Karnaugh Map (K-map)** unggul karena mudah digunakan, cepat, dan efektif untuk penyederhanaan logika Boolean dengan sedikit variabel. Pendekatan visualnya membantu mempermudah pengelompokan dan mengenali pola logika secara langsung. Namun, K-map menjadi kurang efisien untuk fungsi dengan lebih dari enam variabel karena ukuran peta yang semakin kompleks dan sulit dianalisis.

Sebaliknya, metode **Quine-McCluskey** lebih sistematis dan cocok untuk penyederhanaan otomatis pada fungsi logika berskala besar. Metode ini memberikan hasil yang konsisten dan optimal, tetapi memerlukan waktu serta sumber daya komputasi yang lebih besar. Dengan demikian, K-map lebih tepat digunakan untuk kasus sederhana, sedangkan Quine-McCluskey lebih sesuai untuk analisis logika kompleks yang membutuhkan akurasi tinggi.

B. Kompleksitas & UX :

Dari segi **kompleksitas**, metode **Karnaugh Map (K-map)** tergolong sederhana dan mudah digunakan untuk fungsi logika dengan sedikit variabel, karena prosesnya bersifat visual dan intuitif. Namun, kompleksitasnya meningkat pesat ketika jumlah variabel bertambah, membuatnya sulit diterapkan untuk kasus yang besar. Sebaliknya, metode **Quine-McCluskey** memiliki kompleksitas algoritmik yang tinggi dan memerlukan waktu komputasi lebih lama, tetapi mampu menangani ekspresi logika berskala besar dengan hasil yang konsisten. Dari aspek **User Experience (UX)**, K-map memberikan pengalaman yang lebih interaktif dan mudah dipahami secara visual, sedangkan Quine-McCluskey lebih cocok untuk aplikasi otomatis karena pengguna cukup memasukkan data dan memperoleh hasil penyederhanaan secara efisien tanpa interaksi visual yang rumit.

BAB IV PENUTUP

A. Kesimpulan & Pekerjaan Lanjutan

Kesimpulan :

Metode **K-map** dan **Quine-McCluskey** memberikan pendekatan yang saling melengkapi dalam penyederhanaan ekspresi logika Boolean. K-map unggul dalam kemudahan penggunaan, kecepatan, dan kejelasan visual untuk jumlah variabel yang sedikit, sehingga cocok untuk analisis manual dan pembelajaran dasar logika digital. Sementara itu, Quine-McCluskey menawarkan metode yang lebih sistematis dan dapat diotomatisasi, menjadikannya efektif untuk penyederhanaan fungsi logika yang kompleks dengan tingkat akurasi tinggi, meskipun membutuhkan waktu dan sumber daya komputasi lebih besar.

Integrasi **Kode Gray** dalam proses penyederhanaan turut meningkatkan efisiensi dan stabilitas rangkaian digital dengan meminimalkan transisi bit serta mengurangi kemungkinan terjadinya glitch. Kombinasi metode ini, terutama ketika diterapkan melalui sistem **web parser pipeline → Truth Table → K-map/QM**, mampu menghasilkan proses optimasi logika yang cepat, akurat, dan terstruktur. Secara keseluruhan, pemilihan metode yang tepat perlu disesuaikan dengan kompleksitas fungsi logika dan kebutuhan sistem, agar diperoleh hasil penyederhanaan yang efisien, stabil, dan optimal untuk mendukung performa sistem digital modern.

Pekerjaan Lanjutan:

Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan untuk memperbaiki waktu komputasi Quine-McCluskey dengan mengoptimalkan algoritma atau menggunakan teknik lain seperti Parallel Computing untuk mempercepat proses penyederhanaan

DAFTAR PUSTAKA

1. J. Smith, *Introduction to Boolean Algebra*, 3rd ed., Wiley, 2019.
2. W. Brown, *Digital Logic Design*, Pearson, 2020.
3. IEEE Standard 1364-2005, *Verilog Hardware Description Language*, IEEE, 2005.
4. Web: <https://www.kmapcalculator.com>
5. Web: <https://www.quine-mccluskey.com>
6. Web: <https://www.electronics-tutorials.ws>
7. Web: <https://www.tutorialspoint.com>
8. SUSILO, Dody *Rangkaian Digital untuk Teknik Elektro.* 2023.
9. Sipayung, L. Y.*Perancangan Perangkat Lunak Pembelajaran Untuk Penyederhanaan Fungsi Boolean Dengan Metode Quine-McCluskey*. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, 13(1),2020
10. KURNIAWAN *BELAJAR WEB PROGRAMMING: Referensi Pengenalan Dasar Tahapan Belajar Pemrograman Web Untuk Pemula.* PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.

